

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-146498

(43)Date of publication of application : 29.05.2001

(51)Int.Cl.

C30B 29/06
H01L 21/322
H01L 27/12

(21)Application number : 11-322487

(71)Applicant : SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD

(22)Date of filing : 12.11.1999

(72)Inventor : IIDA MAKOTO
KIMURA MASAKI

(54) SILICON SINGLE CRYSTAL WAFER, METHOD FOR PRODUCING THE SAME AND SOI WAFER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a defect-free silicon single crystal wafer prepared by CZ (Czochralski) method and composed of N-region in whole region in which void-type defects and dislocation clusters are eliminated under stable producing conditions having broad controllability and easy to control since OSF(oxidation induced stacking fault) region is required to be deactivated and pulling conditions of a crystal therefor are then searched when the crystal pulled up in the N-region containing the OSF region and doped with nitrogen is used as the defect-free wafer and to provide a method for producing the wafer.

SOLUTION: This silicon single crystal wafer grown by the CZ method is doped with nitrogen and composed of the N-region in the whole region and has ≤ 8 ppma interstitial oxygen concentration or at least the void-type defects and the dislocation clusters are eliminated from the whole region in the silicon single crystal wafer doped with nitrogen and having ≤ 8 ppma interstitial oxygen concentration.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-146498

(P2001-146498A)

(43) 公開日 平成13年5月29日 (2001.5.29)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
C 3 0 B 29/06		C 3 0 B 29/06	A 4 G 0 7 7
H 0 1 L 21/322		H 0 1 L 21/322	Y
27/12		27/12	B

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平11-322487	(71) 出願人	000190149 信越半導体株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号
(22) 出願日	平成11年11月12日 (1999.11.12)	(72) 発明者	飯田 誠 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
		(72) 発明者	木村 雅規 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
		(74) 代理人	100102532 弁理士 好宮 幹夫
		F ターム (参考)	4G077 AB01 BA04 CF06 CF10 FE11 FG11 PA06 PB05

(54) 【発明の名称】 シリコン単結晶ウエーハおよびその製造方法並びにSOIウエーハ

(57) 【要約】

【課題】 窒素をドーブしたOSF領域を含むN-領域で引上げた結晶を無欠陥ウエーハとして使用するにはOSF領域を不活性化することが必要で、そのための結晶引上げ条件を探索し、制御幅が広く、制御し易い安定した製造条件の下で、ボイド型欠陥や転位クラスターを排除した全面N-領域からなるCZ法による無欠陥シリコン単結晶ウエーハおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 CZ法によって育成されたシリコン単結晶ウエーハであって、窒素がドーブされ、全面N-領域からなり、かつ格子間酸素濃度が8ppma以下、或は窒素がドーブされ、全面から少なくともボイド型欠陥と転位クラスターが排除されており、かつ格子間酸素濃度が8ppma以下であるシリコン単結晶ウエーハおよびその製造方法。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 チョクラルスキー法によって育成されたシリコン単結晶ウエーハであって、窒素がドーブされ、全面N-領域からなり、かつ格子間酸素濃度が8ppma以下であることを特徴とするシリコン単結晶ウエーハ。

【請求項2】 チョクラルスキー法によって育成されたシリコン単結晶ウエーハであって、窒素がドーブされ、全面から少なくともボイド型欠陥と転位クラスターが排除されており、かつ格子間酸素濃度が8ppma以下であることを特徴とするシリコン単結晶ウエーハ。

【請求項3】 前記格子間酸素濃度が5ppma以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載したシリコン単結晶ウエーハ。

【請求項4】 前記ドーブされた窒素濃度が $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上であることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載したシリコン単結晶ウエーハ。

【請求項5】 前記ドーブされた窒素濃度が $5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上であることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載したシリコン単結晶ウエーハ。

【請求項6】 前記請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載したシリコン単結晶ウエーハの一主面に、EG処理が施されていることを特徴とするシリコン単結晶ウエーハ。

【請求項7】 前記請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載したシリコン単結晶ウエーハを、SOI層として用いたことを特徴とするSOIウエーハ。

【請求項8】 チョクラルスキー法によりシリコン単結晶を育成する際に、窒素をドーブしながら結晶全面がN-領域となり、かつ格子間酸素濃度が8ppma以下となる条件で引上げた単結晶から製造することを特徴とするシリコン単結晶ウエーハの製造方法。

【請求項9】 前記ドーブする窒素濃度を $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上とし、かつ結晶全面がN-領域となる条件として、 F/G (F : 引上速度、 G : 結晶固液界面の温度勾配) 値が結晶面内の全ての位置で $0.14 \sim 0.22 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$ の範囲内で育成した単結晶から製造することを特徴とする請求項8に記載したシリコン単結晶ウエーハの製造方法。

【請求項10】 前記ドーブする窒素濃度を $5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上とし、かつ結晶全面がN-領域となる条件として、 F/G 値が結晶面内の全ての位置で $0.12 \sim 0.24 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$ の範囲内で育成した単結晶から製造することを特徴とする請求項8に記載したシリコン単結晶ウエーハの製造方法。

【請求項11】 前記請求項8ないし請求項10のいずれか1項に記載した製造方法により製造されたシリコン単結晶ウエーハに熱処理を施すことを特徴とするシリコ

ン単結晶ウエーハの製造方法。

【請求項12】 前記熱処理を急速加熱・急速冷却装置により行うことを特徴とする請求項11に記載したシリコン単結晶ウエーハの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒素がドーブされ、結晶欠陥が殆どない無欠陥シリコン単結晶ウエーハおよびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、DRAM等の半導体回路の高集積化に伴う素子の微細化に伴い、その基板となるチョクラルスキー法（以下、CZ法と略記することがある）で作製されたシリコン単結晶に対する品質要求が高まってきている。特に、FPD、LSTD、COP等のグローニン（Grown-in）欠陥と呼ばれ、酸化膜耐圧特性やデバイスの特性を悪化させる、単結晶成長起因の欠陥が存在し、その密度の低減とサイズの縮小が重要視されている。

【0003】 これらの欠陥を説明するに当たって、まず、シリコン単結晶に取り込まれるベイカンシイ（Vacancy、以下Vと略記することがある）と呼ばれる空孔型の点欠陥と、インタースティシアルーシリコン（Interstitial-Si、以下Iと略記することがある）と呼ばれる格子間型シリコン点欠陥のそれぞれの取り込まれる濃度を決定する因子について、一般的に知られていることを説明する。

【0004】 シリコン単結晶において、V-領域とは、Vacancy、つまりシリコン原子の不足から発生する凹部、穴のようなものが多い領域であり、I-領域とは、シリコン原子が余分に存在することにより発生する転位や余分なシリコン原子の塊が多い領域のことであり、そしてV-領域とI-領域の間には、原子の不足や余分が無い（少ない）ニュートラル領域（Neutral領域、以下N-領域と略記することがある）が存在していることになる。そして、前記グローニン欠陥（FPD、LSTD、COP等）というのは、あくまでもVやIが過飽和な状態の時に発生するものであり、多少の原子の偏りがあっても、飽和以下であれば、欠陥としては存在しないことが判ってきた。

【0005】 この両点欠陥の濃度は、CZ法における結晶の引上げ速度（成長速度）Fと結晶中の固液界面近傍の温度勾配Gとの関係から決まることが知られている。また、V-領域とI-領域との間のN-領域には、OSF（酸化誘起積層欠陥、Oxidation Induced Stacking Fault）と呼ばれるリング状に発生する欠陥の存在が確認されている。

【0006】 これら結晶成長起因の欠陥を分類すると、例えば成長速度が 0.6 mm/min 前後以上と比較的高速の場合には、空孔タイプの点欠陥が集合したボイド

起因とされているFPD、LSTD、COP等のボイド型欠陥が結晶径方向全域に高密度に存在し、これら欠陥が存在する領域はV-リッチ領域と呼ばれている。また、成長速度が0.6mm/min以下の場合、成長速度の低下に伴い、上記したOSFリングが結晶の周辺から発生し、このリングの外側に転位ループ起因と考えられているL/D (Large Dislocation: 格子間転位ループの略号、LSEPD、LFPD等)の欠陥が低密度に存在し、これら欠陥が存在する領域はI-リッチ領域と呼ばれている。さらに、成長速度を0.4mm/min前後以下に低速にすると、OSFリングがウェーハの中心に凝集して消滅し、全面がI-リッチ領域となる。

【0007】また、最近V-リッチ領域とI-リッチ領域の中間でOSFリングの外側に、空孔起因のFPD、LSTD、COPも、転位ループ起因のLSEPD、LFPDも、さらにはOSFも存在しないN-領域の存在が発見されている。この領域はOSFリングの外側にあり、そして、酸素析出熱処理を施し、X-ray観察等で析出のコントラストを確認した場合に、酸素析出がほとんどなく、かつ、LSEPD、LFPDが形成されるほどリッチではないI-リッチ領域側である。さらに、OSFリングの内側にも、空孔起因のボイド型欠陥も、転位ループ起因の欠陥も存在せず、OSFも存在しないN-領域の存在が確認されている。

【0008】これらのN-領域は、通常の方法では、成長速度を下げた時に成長軸方向に対して斜めに存在するため、ウェーハ面内では一部分にしか存在しなかった。このN-領域について、ボロニコフ理論(V. V. Voronkov; Journal of Crystal Growth, 59 (1982) 625~643)では、引上げ速度(F)と結晶固液界面軸方向温度勾配(G)の比であるF/Gというパラメータが点欠陥のトータルな濃度を決定すると唱えている。このことから考えると、面内で引上げ速度は一定のはずであるから、面内でGが分布を持つために、例えば、ある引上げ速度では中心がV-リッチ領域でN-領域を挟んで周辺でI-リッチ領域となるような結晶しか得られなかった。

【0009】そこで最近、面内のGの分布を改良して、この斜めでしか存在しなかったN-領域を、例えば、引上げ速度Fを徐々に下げながら引上げた時に、ある引上げ速度でN-領域が横全面に広がった結晶が製造できるようになった。また、この全面N-領域の結晶を長さ方向へ拡大するには、このN-領域が横に広がった時の引上げ速度を維持して引上げればある程度達成できる。また、結晶が成長するに従ってGが変化することを考慮し、それを補正して、あくまでもF/Gが一定になるように、引上げ速度を調節すれば、それなりに成長方向にも、全面N-領域となる結晶が拡大できるようになった。すなわち、CZ結晶引上げ時のF/Gを制御し、全

面N-領域で引き上げるによりボイド型欠陥および転位クラスターを低減することが可能となったが、F/Gの制御幅のマージンが非常に狭いという問題があった。

【0010】一方、従来から、窒素をドーブしたシリコン単結晶が、FZシリコン中の欠陥を減らすことが知られており、この方法は、窒素の特異な酸素析出特性等を利用してCZ法にも応用されている。そこで、本発明者らは、特願平11-022919号で、窒素をドーブすることによりN-領域が拡大することを利用して、全面N-領域のウェーハの歩留りおよび生産性を向上させる製造条件を提案した。

【0011】しかし、窒素をドーブした場合に、ボイド型欠陥がなく、I-リッチ領域に見られるような転位クラスターのないN-領域が大きく拡大することは確かであるが、そのほとんどはOSF領域を含んだN-領域であり、無欠陥ウェーハとして実際に使用することのできるOSF領域を含まないN-領域の拡大は比較的少なかった。また、この窒素をドーブした場合のOSF領域は、窒素ノンドーブのOSF領域に比べてOSF核の密度が数倍高く、さらにそのOSF核が起因となって発生する転位ループが存在し、デバイスに悪影響を及ぼすという問題もあった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような問題点を鑑みなされたもので、窒素をドーブした場合のOSF領域を含むN-領域で引上げた結晶を無欠陥ウェーハとして使用するにはOSF領域を不活性化することが必要で、そのための結晶引上げ条件を探索し、制御幅が広く、制御し易い安定した製造条件の下で、ボイド型欠陥や転位クラスターを排除した全面N-領域からなるCZ法によるシリコン単結晶ウェーハを高生産性、高歩留りを維持しながら製造することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記目的を達成するために為されたもので、本発明の請求項1に記載した発明は、チョクラルスキー法によって育成されたシリコン単結晶ウェーハであって、窒素がドーブされ、全面N-領域からなり、かつ格子間酸素濃度が8ppm以下であることを特徴とするシリコン単結晶ウェーハである。

【0014】このように、シリコンウェーハの格子間酸素濃度を8ppm以下としたことによって、N-領域中にOSF領域が含まれていたとしても、そのOSF領域からOSFが発生することとはなく、セコエッチングにより転位ループが観察されることもなく、デバイス特性に影響を及ぼすような欠陥が存在しない実質的な無欠陥ウェーハとなる。

【0015】そして、本発明の請求項2に記載した発明は、チョクラルスキー法によって育成されたシリコン単

結晶ウエーハであって、窒素がドーブされ、全面から少なくともボイド型欠陥と転位クラスターが排除されており、かつ格子間酸素濃度が8ppma以下であることを特徴とするシリコン単結晶ウエーハである。このように、結晶全面から少なくともボイド型欠陥と転位クラスターが排除されており、酸素濃度が8ppma以下であるので、請求項1と同様に実質的な無欠陥ウエーハとなる。

【0016】これらの場合、請求項3に記載したように、格子間酸素濃度を5ppma以下とすることができる。このように、酸素濃度が5ppma以下であれば、ほぼ完全に無欠陥シリコン単結晶ウエーハとすることができるので、このウエーハを用いて酸化膜耐圧(TZDB (Time Zero Dielectric Breakdown))を測定した場合、ほぼ100%の良品率が得られる。

【0017】また、これらの場合、請求項4に記載したように、ドーブされた窒素濃度を $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上とすることができる。このように、窒素濃度が $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上であれば、窒素の酸素析出促進効果により、低酸素でありながら、バルク部においてある程度の酸素析出が得られるため、IG (Intrinsic Gettering、内部ゲッタリング) 効果が期待できる。

【0018】さらに、請求項5に記載したように、ドーブされた窒素濃度が $5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上であることが好ましい。このように、窒素濃度が $5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上であればさらに酸素析出促進効果が向上し、IG効果が高いものとなる。

【0019】そして本発明の請求項6に記載した発明は、前記請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載したシリコン単結晶ウエーハの一主面に、EG処理が施されているシリコン単結晶ウエーハである。このように、窒素濃度を高めることによりある程度のIG効果が期待できるが、それだけでは不十分である場合もあるので、デバイスが作製される主面とは反対側の主面に、例えばPBS (ポリバックシール (登録商標)) やBSD (バックサイドダメージ) などのEG (Extrinsic Gettering、外部ゲッタリング) 処理を施すことが好ましい。

【0020】さらに本発明の請求項7に記載した発明は、前記請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載したシリコン単結晶ウエーハを、SOI層として用いたSOIウエーハである。このような実質的に無欠陥ウエーハをSOI (Silicon On Insulator) 層として使用すれば、ボイド型欠陥がSOI層を貫通するために生ずる絶縁不良が発生せず、また、CZウエーハであるため大口径化が可能であり、しかも比較的安価に得られるので、高品質のSOIウエーハの製造コスト低減を図ることができる。

【0021】次に本発明の請求項8に記載した発明は、

チョクラスキー法によりシリコン単結晶を育成する際に、窒素をドーブしながら結晶全面がN-領域となり、かつ格子間酸素濃度が8ppma以下となる条件で引上げた単結晶から製造するシリコン単結晶ウエーハの製造方法である。

【0022】このように、実質的な無欠陥ウエーハは、格子間酸素濃度を8ppma以下に制御しながら、窒素をドーブすることにより拡大されたN-領域を使用して引上げることができる。これにより、引上げ速度FとF/G値のN-領域マージンを格段に増加することができ、従来に比べ高生産性、高歩留りが実現できる。引上げられた結晶からウエーハへの加工は公知の方法で行えばよい。

【0023】この場合、請求項9に記載したように、この無欠陥ウエーハは、ドーブする窒素濃度を $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上とし、かつ結晶全面がN-領域となる条件として、F/G (F: 引上速度、G: 結晶固液界面の温度勾配) 値が結晶面内の全ての位置で $0.14 \sim 0.22 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$ の範囲内で育成した単結晶から製造することができる。このように、引上げ条件として具体的に窒素濃度が $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上であれば、F/Gを $0.14 \sim 0.22 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$ の範囲内に制御すればよく、容易に制御することができる。

【0024】さらにこの場合、請求項10に記載したように、ドーブする窒素濃度を $5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上とし、かつ結晶全面がN-領域となる条件として、F/G値が結晶面内の全ての位置で $0.12 \sim 0.24 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$ の範囲内で育成した単結晶から製造することが好ましい。このように、ドーブする窒素濃度が $5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上の場合には、F/G値は $0.12 \sim 0.24 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$ の範囲でよいので、制御幅が広く、非常に制御が容易である。

【0025】本発明の請求項11に記載した発明は、前記請求項8ないし請求項10のいずれか1項に記載した製造方法により製造されたシリコン単結晶ウエーハに熱処理を施すことを特徴とするシリコン単結晶ウエーハの製造方法である。このように、本発明の製造方法により製造されたシリコン単結晶ウエーハは、その酸素濃度が8ppma以下であるので、OSFが発生することはないが、残存している微小な酸素析出物が表面に出ると若干耐圧特性を劣化させる場合がある。そこで、表面に熱処理を施して、その微小な酸素析出物を溶解させることにより、より確実に高品質ウエーハを得ることができる。

【0026】この場合、請求項12に記載したように、熱処理を急速加熱・急速冷却装置(RTA装置、Rapid Thermal Annealer)を用いて行うことが望ましい。この装置は、枚葉式の自動連続熱処理装置であって、熱処理前後の加熱、冷却を数秒~数秒で行うので、弊害の多い長時間の熱履歴をウエーハに

10

20

30

40

50

与えることなく、数秒～数百秒の短時間の効果的な熱処理を施すことができる。また、表面に露出した微小な酸素析出物は、高温短時間のRTAプロセスのアルゴン、水素等によるアニールで簡単に消滅させることができる。さらに、より強力にIG能力を付加したい場合には、窒素雰囲気でのRTAプロセス等により、IG能力を増加させることもできる。

【0027】以下、本発明につき詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。説明に先立ち各用語につき予め解説しておく。

1) FPD (Flow Pattern Defect) とは、成長後のシリコン単結晶棒からウェーハを切り出し、表面の歪み層を弗酸と硝酸の混合液でエッチングして取り除いた後、 $K_2Cr_2O_7$ と弗酸と水の混合液で表面を無攪拌でエッチング (Seccoエッチング) することによりビットおよびさざ波模様が生じる。このさざ波模様をFPDと称し、ウェーハ面内のFPD密度が高いほど酸化膜耐圧の不良が増える (特開平4-192345号公報参照)。

【0028】2) SEPD (Secco Etch Pit Defect) とは、FPDと同一のSeccoエッチングを施した時に、流れ模様 (flow pattern) を伴うものをFPDと呼び、流れ模様を伴わないものをSEPDと呼ぶ。この中で $10\mu m$ 以上の大きいSEPD (LSEPD) は転位クラスターに起因すると考えられ、デバイスに転位クラスターが存在する場合、この転位を通じて電流がリークし、P-Nジャンクションとしての機能を果たさなくなる。

【0029】3) LSTD (Laser Scattering Tomography Defect) とは、成長後のシリコン単結晶棒からウェーハを切り出し、表面の歪み層を弗酸と硝酸の混合液でエッチングして取り除いた後、ウェーハを劈開する。この劈開面より赤外光を入射し、ウェーハ表面から出た光を検出することでウェーハ内に存在する欠陥による散乱光を検出することができる。ここで観察される散乱体については学会等ですでに報告があり、酸素析出物とみなされている (J. J. A. P. Vol. 32, P3679, 1993参照)。また、最近の研究では、八面体のボイド (穴) であるという結果も報告されている。

【0030】4) COP (Crystal Originated Particle) とは、ウェーハの中心部の酸化膜耐圧を劣化させる原因となる欠陥で、SeccoエッチではFPDになる欠陥が、SC-1洗浄 ($NH_4OH:H_2O_2:H_2O=1:1:10$ の混合液による洗浄) では選択エッチング液として働き、COPになる。このビットの直径は $1\mu m$ 以下で光散乱法で調べる。

【0031】5) L/D (Large Dislocation: 格子間転位ループの略号) には、LSEP

D、LFPD等があり、転位ループ起因と考えられている欠陥である。LSEPDは、上記したようにSEPDの中でも $10\mu m$ 以上の大きいものをいう。また、LFPDは、上記したFPDの中でも先端ビットの大きさが $10\mu m$ 以上の大きいものをいい、こちらも転位ループ起因と考えられている。

【0032】従来方法によりF/Gを制御して作製される無欠陥結晶は、N-領域となる引上げ速度が低速であり、また、F/Gのマージンも少ないため、生産性、歩留まり共に低かった。これに対し、本発明者らが先に特願平11-022919号で提案したように、窒素をドーブしてF/Gを制御した場合、N-領域、すなわち、ボイド型欠陥 (FPD, COP等) が存在せずリーリッチ領域に見られるような転位クラスターも存在しない領域は大きく拡大するが、その殆どはOSF領域を含む領域の拡大であり、無欠陥ウェーハとして実際に使用することのできるOSF領域を含まないN-領域の拡大は比較的少ないので、その部分の引上げ速度は従来方法に比べてさほど向上しない。つまり、F/Gのマージンがある程度拡大することにより、無欠陥結晶の製造歩留りの向上は期待できるが、生産性はさほど変化がないということになる。

【0033】また、この窒素をドーブした場合のOSF領域は、窒素ノンドープのOSF領域に比べてOSF核の密度が数倍高く、さらにそのOSF核が起因となって発生する転位ループが存在し、デバイスに悪影響を及ぼすため、実際には使用することが困難なものであった。

【0034】そこで本発明者らはまず、無欠陥結晶の生産性を向上し製造コストを下げるために、窒素ドーブにより拡大したOSF領域を有効に利用する方法を考えた。すなわち、この領域にはボイド型欠陥が存在せず、リーリッチ領域に見られるような転位クラスターも存在せず、しかも比較的高速で育成可能で、かつF/Gのマージンが広いためである。

【0035】このようにOSF領域を含むN-領域で引上げた結晶も無欠陥ウェーハとして使用することができるかどうかを検討した結果、引上げ結晶中に含まれる酸素濃度を極低酸素にすれば、OSFを不活性にすることができる (デバイス特性に影響を与えない) ことを見出した。すなわち、OSFが不活性であれば拡大N-領域を有効に利用できるので、従来に比べて極めて高生産性、高歩留りで無欠陥ウェーハを製造することが可能となる。

【0036】そこで、この窒素ドーブによる拡大OSF領域と酸素濃度の関係に注目し、詳細な実験と調査を行った。その結果、酸素濃度が高い場合 ($18ppma$ (日本電子工業振興協会 (JEIDA) 規格) 以上) には、 $1150^\circ C/100$ 分、ウェット O_2 雰囲気下のOSFテストによってOSFが発生した。また、セッコエッチング (Secco Etching) により転位ループ

ブが高密度に観察されたが、酸素濃度が10ppma以下になると、OSFおよび転位ループの密度は減少し、さらに8ppma以下になると、OSFや転位ループは全く発生しなくなった。つまり、この窒素ドーピングにより拡大したOSF領域を使用しても、酸素濃度を8ppma以下にすることにより、OSFを不活性にできるということになり、ボイド型欠陥、転位クラスター、OSF、およびOSF上の転位ループ等の無い無欠陥シリコン単結晶が、高生産性および高歩留まりで製造可能であることが判明した。

【0037】次にこれらの結晶の酸化膜耐圧特性について調査した。その結果、酸素濃度が低下するほど、良好な耐圧特性を示す結果となった。これは、OSF核となり得る酸素析出物のサイズに依存しているものと思われる。すなわち、酸素濃度の低下に伴い酸素析出物のサイズが小さくなり、酸化膜耐圧特性に影響しにくくなったものと考えられる。そして、酸素濃度が5ppma以下になると、耐圧特性(TZDB)は良品率がほぼ100%となった。但し、5ppma以下の酸素濃度のウエーハでは析出物もなく低酸素であるため、ゲッタリング能力が殆どなくなる。よって、程良くゲッタリング能力(IG能力)も必要な場合の酸素濃度は5~8ppmaまでの選択となる。

【0038】実際の引上げ方法においては、OSF領域の発生は窒素濃度によって変化する。例えば窒素濃度が $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上のときは、F/G値を引上げ結晶の面内全ての位置で、 $0.14 \sim 0.22 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$ の範囲内で結晶を育成し、酸素濃度を8ppma以下に調整すれば、全面が潜在的にOSF核を持っている領域(潜在OSF領域: 酸素濃度が8ppmaを超えればOSFが発生する領域)となる。

【0039】ここで、酸素濃度の制御方法は従来より慣用されているように、ルツボ回転速度や磁場印加、そしてガス流の制御等によりコントロールすることができる。また、窒素濃度が高くなれば、この潜在OSF領域もさらに拡大し、例えば窒素を $5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ 以上ドーピングした場合は、F/G値を引上げ結晶の面内すべての位置で、 $0.12 \sim 0.24 \text{ mm}^2 / \text{K} \cdot \text{min}$ の範囲内で結晶を育成すればよい。

【0040】このような方法によれば、単結晶の育成が高速成長かつ広いマージンで可能となる。次いでこれを通常の方法に従い、スライス、面取り、研削、エッチング、鏡面仕上げ研磨等の工程を経てウエーハに加工すれば、ボイドもOSFも転位クラスターも、さらにはOSF上の転位ループも存在しない無欠陥シリコン単結晶ウエーハを製造することができる。

【0041】ここでさらにウエーハの機能を高めるために、デバイスの作製が予定される主面の反対側の主表面にPBS、BSD等のEG処理を施しても良い。特に、5ppma以下の低酸素の場合は、様々な欠陥が完全に

フリーとなる結晶であるため、欠陥や電気特性は大変良好であるが、バルクの欠陥も存在しないため、ゲッタリング能力に欠ける。よって、デバイス製造ラインによってゲッタリング能力が必要とされる場合には、PBS、BSD等のEG処理を行い、ゲッタリング能力を付加しても良い。

【0042】また、酸素濃度が8~5ppmaの場合には、OSFは発生させないが、微小な析出物が残存している。よってゲッタリング能力は上記のウエーハよりもあるが、微小析出物が表面に出ると、若干耐圧特性を劣化させる場合がある。そこで、この場合は何らかの熱処理を施すことにより、表面のみその微小な酸素析出物を溶解させてしまえば良く、例えば、RTAプロセスにおいて、アルゴン、水素、窒素等の雰囲気下でのアニールで簡単に消滅させることができる。この場合、この析出物は非常に小さいため、RTA装置の高温短時間プロセスでも十分消滅させることが可能である。

【0043】ここで、RTAプロセスとは、熱処理をRTA装置(Rapid Thermal Annealer、急速加熱・急速冷却装置)を用いて行う工程であって、この装置は、枚葉式の自動連続熱処理装置であり、熱処理前後の加熱、冷却を数秒~数百秒で行うので、弊害の多い長時間の熱履歴をウエーハに与えることなく、数秒~数百秒の短時間の効果的な熱処理を施すことができるものである。

【0044】さらに、どのウエーハに対しても、より強気にゲッタリング能力を付加したい場合には、すでに良く知られている、窒素雰囲気下でのRTAプロセス等により、ゲッタリング能力を増加させてもよい。

【0045】加えて、このような実質的に無欠陥であるシリコン単結晶ウエーハをSOI層として使用すれば、ボイド型欠陥がSOI層を貫通するために生ずる不良が発生することはない。すなわち、例えば2枚のシリコンウエーハを酸化膜を介して貼り合わせた後、デバイス作製側基板を薄膜化してSOI層を作製する際に、貼り合わせるシリコンウエーハの内、少なくともSOI層となるデバイス作製側基板を本発明のシリコンウエーハとすれば、薄膜化後のSOI層にも欠陥は存在せず、極めて良好な特性を有するものとなる。また、CZウエーハであるため大口径化が可能であり、しかも比較的安価に得られるので、高品質のSOIウエーハの製造コストの低減を図ることができる。

【0046】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。まず、本発明で使用するCZ法による単結晶引上げ装置の構成例を図1により説明する。図1に示すように、この単結晶引上げ装置30は、引上げ室31と、引上げ室31中に設けられたルツボ32と、ルツボ32の周囲に配置されたヒータ34と、ルツボ32を回転させるルツボ保持軸33

およびその回転機構（図示せず）と、シリコンの種結晶5を保持するシードチャック6と、シードチャック6を引上げるワイヤ7と、ワイヤ7を回転又は巻き取る巻取機構（図示せず）を備えて構成されている。ルツボ32は、その内側のシリコン融液（湯）2を収容する側には石英ルツボが設けられ、その外側には黒鉛ルツボが設けられている。また、ヒータ34の外側周囲には断熱材35が配置されている。

【0047】また、本発明の製造方法に関わる製造条件を設定するために、結晶1の固液界面4の外周に環状の固液界面断熱材8を設け、その上に上部囲繞断熱材9が配置されている。この固液界面断熱材8は、その下端とシリコン融液2の湯面3との間に3～5cmの隙間10を設けて設置されている。上部囲繞断熱材9は条件によっては使用しないこともある。さらに、冷却ガスを吹き付けたり、輻射熱を遮って単結晶を冷却する不図示の筒状の冷却装置を設けてもよい。別に、最近では引上げ室31の水平方向の外側に、図示しない磁石を設置し、シリコン融液2に水平方向あるいは垂直方向等の磁場を印加することによって、融液の対流を抑制し、単結晶の安定成長をはかる、いわゆるMCZ法が用いられることも多い。

【0048】次に、上記の単結晶引上げ装置30による窒素ドーブ単結晶育成方法について説明する。まず、ルツボ32内でシリコンの高純度多結晶原料を融点（約1420℃）以上に加熱して融解する。この時、窒素をドーブするために、例えば窒化膜付きシリコンウエーハを投入しておく。次に、ワイヤ7を巻き出すことにより融液2の表面略中心部に種結晶5の先端を接触又は浸漬させる。その後、ルツボ保持軸33を適宜の方向に回転させるとともに、ワイヤ7を回転させながら巻き取り種結晶5を引上げることにより、単結晶育成が開始される。以後、引上げ速度と温度を適切に調節することにより略円柱形状の窒素をドーブした単結晶棒1を得ることができる。

【0049】この場合、本発明では、結晶内の温度勾配を制御するために、図1に示したように、前記固液界面断熱材8の下端とシリコン融液2の湯面3との隙間10の間隔を調整するとともに、引上げ室31の湯面上の単結晶棒1中の液状部分の外周空間において、湯面近傍の結晶の温度が例えば1420℃から1400℃までの温度域に環状の固液界面断熱材8を設け、その上に上部囲繞断熱材9を配置するようにしている。さらに、必要に応じてこの断熱材の上部に結晶を冷却する装置を設けて、これに上部より冷却ガスを吹きつけて結晶を冷却できるものとし、筒下部に輻射熱反射板を取り付けて制御するようにしてもよい。

【0050】引上げ中に、ルツボ回転数、結晶回転数、導入ガス流量、雰囲気圧力、印加磁場の強度や方向を制御することによって、結晶中の酸素濃度を8ppm以下

下となるようにすることができる。例えば、ルツボ回転数を低く、ガス流量を多く、圧力を低く、磁場を強くすることによって、酸素を所望の値以下に低減化させることができる。

【0051】次に、得られた窒素含有シリコン単結晶棒を、例えばスライス、面取り、研削、エッチング、鏡面仕上げ研磨することによって、本発明のウエーハに加工することができる。もちろん、ウエーハ加工方法はこれに限定されるものではなく、通常用いられている方法であれば、いずれの方法であってもよい。

【0052】続いて得られたウエーハに熱処理を加えてウエーハ表面に残存していた微小な酸素析出物を溶解、消滅させるようにしてもよい。本発明ではこの熱処理に急速加熱・急速冷却できる装置を使用することにした。このRTA装置としては、熱放射によるランプ加熱器のような装置を挙げることができる。また、その他市販されているものとして、例えばAST社製、SHS-2800のような装置を挙げることができ、これらは特別複雑で高価なものではない。

【0053】ここで、本発明で用いたシリコン単結晶ウエーハの急速加熱・急速冷却装置（RTA装置）の一例を示す。図2は、RTA装置の概略図である。図2の熱処理装置20は、石英からなるチャンバー21を有し、このチャンバー21内でウエーハを熱処理するようになっている。加熱は、チャンバー21を上下左右から囲繞するように配置される加熱ランプ22によって行う。このランプはそれぞれ独立に供給される電力を制御できるようになっている。

【0054】ガスの供給側は、不図示の水素ガス供給源、アルゴン供給源及び窒素ガス供給源が接続されており、任意の混合比でこれらを混合してチャンバー21内に供給することができるようにされている。ガスの排気側は、オートシャッター23が装備され、外気を封鎖している。オートシャッター23は、ゲートバルブによって開閉可能に構成される不図示のウエーハ挿入口が設けられている。また、オートシャッター23にはガス排気口が設けられており、炉内雰囲気圧力を調整できるようになっている。

【0055】そして、ウエーハ28は石英トレイ24に形成された3点支持部25の上に配置される。トレイ24のガス導入口側には、石英製のバッファ26が設けられており、導入ガスがウエーハ28に直接当たるのを防ぐことができる。また、チャンバー21には不図示の温度測定用特殊窓が設けられており、チャンバー21の外側に設置されたパイロメータ27により、その特殊窓を通してウエーハ28の温度を測定することができる。

【0056】以上のような熱処理装置20によって、ウエーハを急速加熱・急速冷却する処理は次のように行われる。まず、熱処理装置20に隣接して配置される、不図示のウエーハハンドリング装置によってウエーハ28

を挿入口からチャンバー21内に入れ、トレイ24上に配置した後、オートシャッター23を閉める。チャンバー21内は所定の水素を含む還元性雰囲気で満たされる。

【0057】そして、加熱ランプ22に電力を供給し、ウエーハ28を例えば1100～シリコンの融点、特に1300℃以下の所定の温度に昇温する。この際、目的の温度になるまでに要する時間は例えば20秒程度である。次にその温度において所定時間保持することにより、ウエーハ28に高温熱処理を加えることができる。

【0058】所定時間経過し高温熱処理が終了したなら、ランプ22の出力を下げウエーハ28の温度を下げる。本発明の熱処理方法は、熱処理における最高温度から700℃までの降温速度を20℃/sec以下とする方法であるが、この方法を実施する際には、パイロメータ27でウエーハ28の温度を測定しつつ、従来20～40秒間程度の時間をかけ降温速度30～60℃/secで降温していたのを、ランプ22の出力を適当に調整して降温速度を20℃/sec以下に低めるだけで良い。従って、従来から使用されているRTA装置にほとんど改造を加えずに、本発明の方法を実施することができる。最後に、ウエーハの降温が終了したらウエーハハンドリング装置によってウエーハを取り出すことにより、熱処理を完了する。

【0059】降温時間を短縮したい時は、パイロメータ27で測定したウエーハ28の温度が700℃未満になったら、例えばランプ22の出力をOFFにしてウエーハ28を急冷するようにすれば良い。あるいは、ウエーハハンドリング装置によってウエーハ28を取り出して室温の空間に移動させることによって、700℃未満の降温速度を速めて降温時間を短縮することができる。

【0060】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施の形態を実施例を挙げて説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例1) 図1に示した引上げ装置30で、1.8インチ石英ルツボに原料多結晶シリコンをチャージし、直径6インチ、方位<100>、導電型P型のシリコン単結晶棒を引上げた。シリコン融液には3000ガウスの水平磁場を印加し、対流を抑制した。引上げ速度を0.49～0.77mm/minの範囲で変化させて結晶を育成した。

【0061】また、湯面から環状の固液界面断熱材の下端までは、4cmの空間とし、その上に10cm高さの環状固液界面断熱材を配置し、湯面から引上げ室天井までの高さをルツボ保持軸を調整して30cmに設定し、上部囲繞断熱材を配備した。窒素ドープは、窒化膜付きウエーハの投入量を調整して行い、酸素濃度は、4ppma (JEIDA) となるように制御した。そして、結晶中心部でのF/G値を0.14～0.22mm²/K

・minの範囲内で引上げた。

【0062】ここで得られた単結晶棒の窒素濃度が計算上 $2 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ となる部分からウエーハを切り出し、鏡面加工を施してシリコン単結晶の鏡面ウエーハを作製し、ボイド型欠陥(FPD、LSPD、COP)や転位クラスターの測定を行った。また、熱酸化处理を施してOSFリング発生の有無を確認した。その結果、結晶全長で上記グローイン欠陥もOSFも観察されなかった。

10 【0063】次に、このウエーハの酸化膜耐圧特性について評価した。まず、TZDBのCモード収率を求めた。ウエーハの表面にリンドープポリシリコン電極(酸化膜厚25nm、電極面積8mm²)を作製し、判定電流値1mA/cm²で評価した絶縁破壊電界8MV/cm以上の良品率で評価した。また、TDDBのγモード収率についても測定を行った。これは上記リンドープポリシリコン電極にストレス電流0.01nA/cm²を継続的に流し、電荷量25C/cm²以上で絶縁破壊が発生するものを良品として、その良品率で評価した。

20 【0064】測定の結果、TZDBは100%であり、TDDBは平均94%と高い良品率を示した。したがって、本発明のシリコンウエーハは酸化膜耐圧特性に優れており、このウエーハをデバイス作製に用いた場合、デバイス特性の向上と歩留りの向上が期待できる。

【0065】(比較例1) 比較例として窒素ドープを行わず、引上げ速度を0.42～0.84mm/minとして引上げた以外は実施例1と全く同様の条件でシリコン単結晶棒の引上げを行い、シリコンウエーハを作製した。そして、実施例と同様にグローイン欠陥の測定とOSFの有無を測定した。その結果、ウエーハが切り出された単結晶棒の部位によっては、グローイン欠陥やOSFリングが観察された。これは、窒素をドープしない場合は、OSFが無いN-領域は極めて狭い範囲であり、安定して全面N-領域ウエーハを製造することは難しいことを意味している。

【0066】(実施例2) 原料に投入する窒素膜付きウエーハを増加させ、酸素濃度を7ppma (JEIDA) に制御し、結晶中心部でのF/G値を0.12～0.24mm²/K・minの範囲内で引上げた以外は、実施例1と同様にして、窒素がドープされたシリコン単結晶棒を引上げた。次に、得られた単結晶棒の窒素濃度が計算上 $6 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ となる部分からウエーハを切り出し、このウエーハに、800℃×4時間+1000℃×16時間の熱処理を施した。そして、熱処理後のウエーハの内部欠陥密度を測定した。内部欠陥密度の測定は、OPP (Optical Precipitate Profiler、バイオラッド社製) を用いて測定した。

【0067】測定結果は $5 \times 10^9 \sim 1 \times 10^9$ ケ/cm³ となり、極低酸素でありながら、内部欠陥密度はそれほど低くないことが判った。このことは、このウエー

ハのゲッターリング効果の高さを示すものである。

【0068】（比較例2）比較例として窒素ドープを行わず、実施例2と同様に酸素濃度を7ppma（JEIDA）としてシリコン単結晶棒を引上げた。実施例2と同様に、得られた単結晶棒からウエーハを切り出し、このウエーハに、800℃×4時間+1000℃×16時間の熱処理を施した。そして、熱処理後のウエーハの内部欠陥密度を実施例2と同様にOPPを用いて測定した。測定結果は、 $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^7$ ケ/cm³と低い数値に留まった。これは、窒素をドープしていない場合は酸素析出が促進されないためであると考えられる。

【0069】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【0070】例えば、上記実施形態においては、直径6インチのシリコン単結晶を育成する場合につき例を挙げて説明したが、本発明はこれには限定されず、窒素をドープしながら結晶全面がN領域となるように制御すれば、直径8～16インチあるいはそれ以上のシリコン単結晶にも適用できる。

【0071】また、本発明のCZ法には、CZ法によって窒素をドープしたシリコン単結晶棒を育成する際に、融液に磁場を印加するいわゆるMCZ法も含まれることは言うまでもない。

【0072】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、窒素ドープCZ結晶の引上げ結晶中に含まれる酸素濃度を5ppma以下の極低酸素にすることにより、N領域中のOSF領域の有無に拘らず、拡大したN領域を有効に利用できるようになり、従来法に比べて極めて高生産 *

*性、高歩留り、低コストでボイド型欠陥もOSFも転位クラスターもない無欠陥シリコン単結晶ウエーハを製造することが可能となる。この場合、IG能力を付加したければ、PBS等の方法を追加すればよい。

【0073】また、酸素濃度を5～8ppmaとして、窒素ドープにより拡大するOSF領域を利用すれば、OSFを発生せず、OSF核起因の転位ループの発生のない結晶から無欠陥ウエーハを開発した。しかも微小酸素析出物が存在するのでIG能力を持つものとなる。この場合、微小酸素析出物で耐圧特性が若干劣化することがあるので、RTA装置等で熱処理にかければ耐圧特性を向上させることができる。さらに、このような実質的に無欠陥ウエーハをSOI層として使用すれば、ボイド型欠陥がSOI層を貫通するために生ずる不良が発生せず、また、CZウエーハであるため大口径化が可能であり、しかも比較的安価に得られるので、高品質のSOIウエーハの製造コスト低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

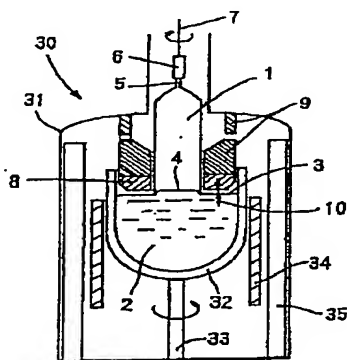
【図1】本発明で使用したCZ法による単結晶引上げ装置の概略説明図である。

【図2】本発明で使用した急速加熱・急速冷却装置の一例を示す概略説明図である。

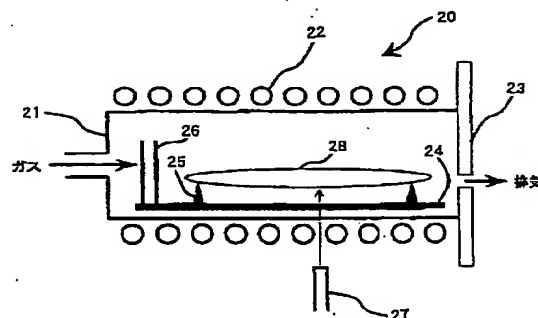
【符号の説明】

1…成長単結晶棒、 2…シリコン融液、 3…湯面、 4…固液界面、5…種結晶、 6…シードチャック、 7…ワイヤ、 8…固液界面断熱材、9…上部囲繞断熱材、 10…湯面と固液界面断熱材下端との隙間、 30…単結晶引上げ装置、 31…引上げ室、 32…ルツボ、 33…ルツボ保持軸、 34…ヒータ、 35…断熱材。 20…熱処理装置、 21…チャンバー、 22…加熱ランプ、 23…オートシャッター、 24…石英トレイ、 25…3点支持部、 26…バッファ、 27…パイロメータ、 28…ウエーハ。

【図1】



【図2】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-146498

(43)Date of publication of application : 29.05.2001

(51)Int.Cl.

C30B 29/06
H01L 21/322
H01L 27/12

(21)Application number : 11-322487

(71)Applicant : SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD

(22)Date of filing : 12.11.1999

(72)Inventor : IIDA MAKOTO
KIMURA MASAKI

(54) SILICON SINGLE CRYSTAL WAFER, METHOD FOR PRODUCING THE SAME AND SOI WAFER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a defect-free silicon single crystal wafer prepared by CZ (Czochralski) method and composed of N-region in whole region in which void-type defects and dislocation clusters are eliminated under stable producing conditions having broad controllability and easy to control since OSF(oxidation induced stacking fault) region is required to be deactivated and pulling conditions of a crystal therefor are then searched when the crystal pulled up in the N-region containing the OSF region and doped with nitrogen is used as the defect-free wafer and to provide a method for producing the wafer.

SOLUTION: This silicon single crystal wafer grown by the CZ method is doped with nitrogen and composed of the N-region in the whole region and has ≤ 8 ppma interstitial oxygen concentration or at least the void-type defects and the dislocation clusters are eliminated from the whole region in the silicon single crystal wafer doped with nitrogen and having ≤ 8 ppma interstitial oxygen concentration.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The silicon single crystal wafer which it is the silicon single crystal wafer raised by the Czochralski method, and nitrogen is doped, and consists of a whole surface N-field, and is characterized by the oxygen density between grids being 8 or less ppmas.

[Claim 2] The silicon single crystal wafer which it is the silicon single crystal wafer raised by the Czochralski method, nitrogen is doped, and the void mold defect and the rearrangement cluster are eliminated at least from the whole surface, and is characterized by the oxygen density between grids being 8 or less ppmas.

[Claim 3] The silicon single crystal wafer indicated to claim 1 or claim 2 characterized by the oxygen density between said grids being 5 or less ppmas.

[Claim 4] Said doped nitrogen concentration is 1×10^{14} /cm³. Silicon single crystal wafer indicated in any 1 term of claim 1 characterized by being above thru/or claim 3.

[Claim 5] Said doped nitrogen concentration is 5×10^{14} /cm³. Silicon single crystal wafer indicated in any 1 term of claim 1 characterized by being above thru/or claim 4.

[Claim 6] The silicon single crystal wafer characterized by performing EG processing to one principal plane of the silicon single crystal wafer indicated in any 1 term of said claim 1 thru/or claim 5.

[Claim 7] The SOI wafer characterized by using the silicon single crystal wafer indicated in any 1 term of said claim 1 thru/or claim 6 as a SOI layer.

[Claim 8] The manufacture approach of the silicon single crystal wafer characterized by manufacturing from the single crystal pulled up on the conditions from which the whole crystal surface serves as N-field, doping nitrogen, and the oxygen density between grids is set to 8 or less ppmas in case a silicon single crystal is raised with the Czochralski method.

[Claim 9] it be 1×10^{14} /cm³ about said nitrogen concentration to dope. the manufacture approach of the silicon single crystal wafer indicated to claim 8 to which a F/G (F:raising rate G: temperature gradient of crystal solid-liquid interface) value be characterize by manufacture from the single crystal raised in all the locations within the crystal face within the limits of 0.14-0.22mm² / K-min as conditions from which it consider as the above and the whole crystal surface serve as N-field.

[Claim 10] It is 5×10^{14} /cm³ about said nitrogen concentration to dope. The manufacture approach of the silicon single crystal wafer indicated to claim 8 to which F/G value is characterized by manufacturing from the single crystal raised in all the locations within the crystal face within the limits of 0.12-0.24mm² / K-min as conditions from which it considers as the above and the whole crystal surface serves as N-field.

[Claim 11] The manufacture approach of the silicon single crystal wafer characterized by heat-treating to the silicon single crystal wafer manufactured by the manufacture approach indicated in any 1 term of said claim 8 thru/or claim 10.

[Claim 12] The manufacture approach of the silicon single crystal wafer indicated to claim 11 characterized by performing said heat treatment with rapid heating and quick cooling equipment.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Nitrogen is doped and this invention relates to the defect-free silicon single crystal wafer which does not almost have a crystal defect, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the quality demand to the silicon single crystal produced with the Czochralski method (it may be hereafter written as a CZ process) used as the substrate has been increasing with detailed-izing of the component accompanying high integration of semiconductor circuits, such as DRAM. Especially, it is called grown-in (Grown-in) defects, such as FPD, LSTD, and COP, the defect of a single crystal growth reason in which an oxide film proof-pressure property and the property of a device are worsened exists, and importance is attached to reduction of the consistency, and contraction of size.

[0003] In explaining these defects, it explains being known generally about the factor which determines each concentration of the point defect of the hole mold first called the Vacancy (it may outline Vacancy and Following V) incorporated by the silicon single crystal, and the mold silicon point defect between grids called Interstitial-Si (it may outline Interstitial-Si and Following I) incorporated.

[0004] In a silicon single crystal, V-fields are Vacancy, i.e., the crevice generated from lack of a silicon atom, and a field with many things like a hole. With I-field It is the thing of a field with many lumps of the rearrangement and the excessive silicon atom which are generated when a silicon atom exists too much. Between V-field and I-field The neutral field (it may be written as a Neutral field and a following N-field) without lack of an atom or an excess (few) will exist. And with [even if said grown-in defects (FPD, LSTD, COP, etc.) occur when V and I are in a condition / *****/ to the last, and it has the bias of some atoms] saturation [below], it has turned out that it does not exist as a defect.

[0005] It is known that the concentration of both this point defect will be decided from the pull-up rate (growth rate) F of the crystal in a CZ process and relation with the temperature gradient G near [under crystal] the solid-liquid interface. Moreover, in N-field between V-field and I-field, existence of the defect generated in the shape of [which is called OSF (an oxidation induction stacking fault, Oxidation Induced Stacking Fault)] a ring is checked.

[0006] A classification of the defect of these crystal growth reason calls the V-rich field the field where the void mold defects in which it is considered as the void reason to which hole type point defects gathered when a growth rate is a high speed comparatively, the above before and after 0.6 mm/min and, such as FPD, LSTD, and COP, exist in high density throughout the direction of the diameter of a crystal, for example, and these defects exist. Moreover, when a growth rate is 0.6 or less mm/min, the field where the above-mentioned OSF ring is generated from the circumference of a crystal with the fall of a growth rate, the defect of ratios of length to diameter (Large Dislocation: the cable address of the dislocation loop between grids, LSEPD, LFPD, etc.) considered to be dislocation loop reasons by the outside of this ring exists in a low consistency, and these defects exist is called the I-rich field. Furthermore, if a growth rate is made into a low speed below at 0.4 mm/min order, an OSF ring will condense and disappear at the core of a wafer, and the whole surface will serve as an I-rich field.

[0007] Moreover, existence of N-field where OSF also exists further also neither in FPD of a hole reason on the outside of an OSF ring, LSTD, COP nor LSEPD of a dislocation loop reason and LFPD is discovered in the middle of a V-rich field and an I-rich field recently. This field is the I-rich field side which is not so rich as there

is almost no precipitation of oxygen by being in the outside of an OSF ring when oxygen precipitation heat treatment is performed and the contrast of a deposit is checked by X-ray observation etc., and LSEPD and LFPD are formed. Furthermore, existence of N-field where neither the void mold defect of a hole reason nor the defect of a dislocation loop reason exists also inside an OSF ring, and OSF does not exist in it, either is checked.

[0008] Since these N-fields existed aslant to growth shaft orientations by the usual approach when a growth rate is lowered, they existed only in the part in the wafer side. About this N-field, it has recited that a parameter called F/G which is the ratio of a pull-up rate (F) and a crystal solid-liquid interface shaft-orientations temperature gradient (G) determines the total concentration of a point defect by the Voronkov theory (V. V. Voronkov; Journal of Crystal Growth, 59 (1982) 625-643). Only a crystal into which a core serves as an I-rich field on the outskirts across N-field in a V-rich field at a certain pull-up rate since it pulls up in a field, and the rate must be regularity and G has distribution in a field when it thinks from this was obtained.

[0009] Then, distribution of G within a field was improved, and when this N-field where that it is only slanting existed was pulled up lowering for example, the pull-up rate F gradually, the crystal with which N-field spread all over width at a certain pull-up rate could be manufactured recently. Moreover, in order to expand the crystal of this whole surface N-field in the die-length direction, if a pull-up rate when this N-field spreads horizontally is maintained and pulled up, it can attain to some extent. Moreover, when adjusting the pull-up rate in consideration of G changing so that it might be amended and F/G might become fixed to the last as the crystal grew, as it is, the crystal used as a whole surface N-field could be expanded also in the growth direction. That is, F/G at the time of CZ crystal pulling was controlled, and although it became possible to reduce a void mold defect and a rearrangement cluster by pulling up in a whole surface N-field, there was a problem that the margin of the control width of face of F/G was very narrow.

[0010] On the other hand, it is known from the former that the silicon single crystal which doped nitrogen will reduce the defect in FZ silicon, and this approach is applied also to the CZ process, using the unique precipitation-of-oxygen property of nitrogen etc. Then, this invention persons are Japanese Patent Application No. No. 022919 [11 to], and proposed the manufacture conditions which raise the yield and productivity of a wafer of a whole surface N-field by doping nitrogen using N-field being expanded.

[0011] However, although it was clear that N-field which does not have a void mold defect and does not have a rearrangement cluster which is seen to an I-rich field is expanded greatly when nitrogen was doped, the most was N-field including an OSF field, and there was comparatively little expansion of N-field which does not include the OSF field which can actually be used as a defect-free wafer. Moreover, compared with the OSF field of a nitrogen non dope, the consistency of an OSF nucleus was several times higher, the dislocation loop which that OSF nucleus is originating further and is generated existed, and the OSF field at the time of doping this nitrogen also had the problem of having a bad influence on a device.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention needs to inactivate an OSF field as a defect-free wafer using the crystal pulled up in N-field including the OSF field at the time of being made in view of such a trouble and doping nitrogen. It searches for crystal pulling conditions for that, and control width of face is wide and it aims at manufacturing the silicon single crystal wafer by the CZ process which consists of a whole surface N-field which eliminated the void mold defect and the rearrangement cluster under the stable manufacture conditions which are easy to control, maintaining the sex from Takao, and the high yield.

[0013]

[Means for Solving the Problem] Invention which it was accomplished in order that this invention might attain said purpose, and was indicated to claim 1 of this invention is the silicon single crystal wafer raised by the Czochralski method, and is a silicon single crystal wafer which nitrogen is doped, and consists of a whole surface N-field, and is characterized by the oxygen density between grids being 8 or less ppmas.

[0014] Thus, it becomes the substantial defect-free wafer with which a defect which affects a device property does not exist, without OSF's not occurring from the OSF field and a dislocation loop being observed by SEKOETCHINGU, though the OSF field was included all over N-field by having set the oxygen density between grids of a silicon wafer to 8 or less ppmas.

[0015] And invention indicated to claim 2 of this invention is the silicon single crystal wafer raised by the Czochralski method, and is a silicon single crystal wafer which nitrogen is doped, and the void mold defect and

the rearrangement cluster are eliminated at least from the whole surface, and is characterized by the oxygen density between grids being 8 or less ppmas. Thus, the void mold defect and the rearrangement cluster are eliminated at least from the whole crystal surface, and since an oxygen density is 8 or less ppmas, it becomes a substantial defect-free wafer like claim 1.

[0016] As indicated to claim 3 in these cases, the oxygen density between grids can be set to 5 or less ppmas. Thus, when the oxygen density was 5 or less ppmas and an oxide-film proof pressure (TZDB (Time Zero Dielectric Breakdown)) is measured using this wafer since it can consider as a defect-free silicon single crystal wafer nearly completely, about 100% of rate of an excellent article is obtained.

[0017] Moreover, it is 1×10^{14} /cm³ about the nitrogen concentration doped as indicated to claim 4 in these cases. It can consider as the above. Thus, nitrogen concentration is 1×10^{14} /cm³. Since a certain amount of precipitation of oxygen will be obtained in the bulk section according to the precipitation-of-oxygen facilitatory effect of nitrogen though it is hypoxia if it is above, the IG (Intrinsic Gettering, internal gettering) effectiveness is expectable.

[0018] Furthermore, the nitrogen concentration doped as indicated to claim 5 is 5×10^{14} /cm³. It is desirable that it is above. Thus, nitrogen concentration is 5×10^{14} /cm³. If it is above, a precipitation-of-oxygen facilitatory effect will improve further, and the IG effectiveness will become high.

[0019] And invention indicated to claim 6 of this invention is a silicon single crystal wafer with which EG processing is performed to one principal plane of the silicon single crystal wafer indicated in any 1 term of said claim 1 thru/or claim 5. Thus, although a certain amount of IG effectiveness is expectable by raising nitrogen concentration, since just it may be inadequate, it is desirable [the principal plane by which a device is produced] to perform EG (Extrinsic Gettering, external gettering) processing of PBS (poly back seal (trademark)), BSD (backside damage), etc. to the principal plane of the opposite side.

[0020] Invention furthermore indicated to claim 7 of this invention is the SOI wafer using the silicon single crystal wafer indicated in any 1 term of said claim 1 thru/or claim 6 as a SOI layer. If a defect-free wafer is substantially used as a SOI (Silicone On Insulator) layer, the poor insulation who arises in order that [being such] a void mold defect may penetrate a SOI layer does not occur, and since it is CZ wafer, diameter[of macrostomia]-izing is possible, and since it is obtained moreover comparatively cheaply, manufacture cost reduction of the SOI wafer of high quality can be planned.

[0021] Next, in case invention indicated to claim 8 of this invention raises a silicon single crystal with the Czochralski method, it is the manufacture approach of the silicon single crystal wafer manufactured from the single crystal pulled up on the conditions from which the whole crystal surface serves as N-field, doping nitrogen, and the oxygen density between grids is set to 8 or less ppmas.

[0022] Thus, a substantial defect-free wafer can be pulled up using N-field expanded by doping nitrogen, controlling the oxygen density between grids to 8 or less ppmas. thereby, N-field margin of the pull-up rate F, and F/G value can be boiled markedly, it can increase, and the sex from Takao and the high yield can be realized compared with the former. What is necessary is just to perform processing to a wafer from the crystal which was able to be pulled up by the well-known approach.

[0023] In this case, it is 1×10^{14} /cm³ about the nitrogen concentration which dopes this defect-free wafer as indicated to claim 9. A F/G (F:raising rate G: temperature gradient of crystal solid-liquid interface) value can manufacture from the single crystal raised in all the locations within the crystal face within the limits of 0.14-0.22mm² / K-min as conditions from which it considers as the above and the whole crystal surface serves as N-field. Thus, nitrogen concentration is 1×10^{14} /cm³ concretely as pull-up conditions. It is [that what is necessary is just to control F/G within the limits of 0.14-0.22mm² / K-min] easily controllable if it is above.

[0024] It is 5×10^{14} /cm³ about the nitrogen concentration doped as furthermore indicated to claim 10 in this case. It is desirable to manufacture from the single crystal which F/G value raised in all the locations within the crystal face within the limits of 0.12-0.24mm² / K-min as conditions from which it considers as the above and the whole crystal surface serves as N-field. Thus, the nitrogen concentration to dope is 5×10^{14} /cm³. Since F/G value is good in the range of 0.12-0.24mm² / K-min when it is above, control width of face is wide and control is very easy.

[0025] Invention indicated to claim 11 of this invention is the manufacture approach of the silicon single crystal wafer characterized by heat-treating to the silicon single crystal wafer manufactured by the manufacture approach indicated in any 1 term of said claim 8 thru/or claim 10. Thus, although OSF does not occur since the

oxygen density is 8 or less ppmas, the silicon single crystal wafer manufactured by the manufacture approach of this invention may degrade a proof-pressure property a little, if an extant minute oxygen sludge comes out to a front face. Then, a high quality wafer can be more certainly obtained by heat-treating on a front face and dissolving the minute oxygen sludge.

[0026] In this case, as indicated to claim 12, it is desirable to perform heat treatment using rapid heating and quick cooling equipment (RTA equipment, Rapid Thermal Annealer). This equipment is an automatic continuation thermal treatment equipment of single wafer processing, and it can perform effective heat treatment of a short time for several seconds - hundreds of seconds, without giving the prolonged heat history with much evil to a wafer, since heating before and behind heat treatment and cooling are performed in several seconds - hundreds of seconds. Moreover, the minute oxygen sludge exposed to the front face can be simply extinguished by annealing by the argon of the RTA process of an elevated-temperature short time, hydrogen, etc. Furthermore, IG capacity can also be made to increase according to the RTA process in nitrogen-gas-atmosphere mind etc. to add IG capacity more powerfully.

[0027] Hereafter, although explained to a detail per this invention, this invention is not limited to these. In advance of explanation, lessons is taken from each vocabulary, and it explains beforehand.

1) K2 Cr 2O7 after cutting down a wafer from the silicon single crystal rod after growth and etching and removing a surface distortion layer with the mixed liquor of fluoric acid and a nitric acid in FPD (Flow Pattern Defect) A pit and a ripple pattern arise by etching a front face by no stirring with the mixed liquor of fluoric acid and water (Secco etching). This ripple pattern is called FPD, and the defects of oxide-film pressure-proofing increase in number, so that the FPD consistency within a wafer side is high (refer to JP,4-192345,A).

[0028] 2) When the same Secco etching as FPD is performed, call SEPD (Secco Etch Pit Defect) a thing without FPD, a call, and a flow pattern for the thing accompanied by a flow pattern (flow pattern) with SEPD. When it is thought in this that large SEPD (LSEPD) 10 micrometers or more originates in a rearrangement cluster and a rearrangement cluster exists in a device, a current leaks through this rearrangement and it stops achieving the function as a P-N junction.

[0029] 3) Cut down a wafer from the silicon single crystal rod after growth, and carry out cleavage of the wafer to LSTD (Laser Scattering TomographyDefect) after etching and removing a surface distortion layer with the mixed liquor of fluoric acid and a nitric acid. Incidence of the infrared light can be carried out from this cleavage plane, and the defect scattering light which exists in a wafer can be detected by detecting the light which came out from the wafer front face. About the scatterer observed here, it is a society etc., there is already a report, and it is regarded as the oxygen sludge (J. J.A.P. Vol.32, P3679, 1993 reference). Moreover, the result that it is the void (hole) of octahedron is also reported by the latest research.

[0030] 4) the defect which becomes the cause of degrading oxide film pressure-proofing of the core of a wafer, with COP (Crystal Originated Particle) -- it is -- Secco -- by SC-1 washing (washing by the mixed liquor of NH4 OH:H2 O2:H2 O=1:1:10), the defect set to FPD if dirty works as a selection etching reagent, and is set to COP. The diameter of this pit is investigated with light scattering measurement by 1 micrometer or less.

[0031] 5) It is the defect which there are LSEPD, LFPD, etc. in ratio of length to diameter (Large Dislocation: cable address of the dislocation loop between grids), and is considered to be a dislocation loop reason. A large thing 10 micrometers or more is said that LSEPD described above also in SEPD. Moreover, also in FPD which LFPD described above, the magnitude of a tip pit says a large thing 10 micrometers or more, and it is considered the dislocation loop reason also here.

[0032] The pull-up rate used as N-field was a low speed, and since there were also few margins of F/G, productivity and the yield of the defect-free crystal which controls F/G by the conventional approach and is produced were low for the reason. On the other hand, as this invention persons proposed by Japanese Patent Application No. No. 022919 [11 to] previously Although N-field, i.e., the field where a rearrangement cluster which void mold defects (FPD, COP, etc.) do not exist, but is seen to an I-rich field does not exist, either, is greatly expanded when nitrogen is doped and F/G is controlled Since there is comparatively little expansion of N-field which does not include the OSF field which the most is expansion of a field including an OSF field, and can actually be used as a defect-free wafer, the pull-up rate of the part does not improve so much compared with the conventional approach. That is, although the improvement in the manufacture yield of a defect-free crystal is expectable when the margin of F/G is expanded to some extent, it will be said that productivity is so much changeless.

[0033] Moreover, compared with the OSF field of a nitrogen non dope, its consistency of an OSF nucleus was several times higher, and in order that the dislocation loop which that OSF nucleus is originating further and is generated might exist and the OSF field at the time of doping this nitrogen might have a bad influence on a device, it was difficult to use it in fact.

[0034] Then, this invention persons considered how to use effectively the OSF field expanded by the nitrogen dope, in order to improve the productivity of a defect-free crystal and to lower a manufacturing cost first. That is, a void mold defect does not exist in this field, and a rearrangement cluster which is seen to an I-rich field does not exist, either, but it is because it can moreover comparatively raise at high speed and the margin of F/G is large.

[0035] Thus, as a result of examining whether the crystal pulled up in N-field including an OSF field can also be used as a defect-free wafer, when making into super-low oxygen the oxygen density contained during a pull-up crystal, what (a device property is not affected) OSF can be made inactive for was found out. That is, since an expansion N-field can be effectively used if OSF is inactive, it becomes possible to manufacture a defect-free wafer by the sex from Takao, and the high yield extremely compared with the former.

[0036] Then, a detailed experiment and investigation were conducted paying attention to the relation between the expansion OSF field by this nitrogen dope, and an oxygen density. Consequently, when an oxygen density is high (more than 18ppma (Japan Electronic Industry Development Association (JEIDA) specification)), they are 1150 degrees C / 100 minutes, and a sentiment O₂. OSF occurred by the OSF test under an ambient atmosphere. Moreover, SEKO If an oxygen density is set to 10 or less ppmas, the consistency of OSF and a dislocation loop will decrease, and when set to 8 more or less ppmas, it stopped generating OSF and a dislocation loop at all, although the dislocation loop was observed by high density by etching (SeccoEtching). That is, even if it used the OSF field expanded by this nitrogen dope, by setting an oxygen density to 8 or less ppmas, it will be said that OSF is made to inactive and it became clear for a defect-free silicon single crystal without the dislocation loop on a void mold defect, a rearrangement cluster, OSF, and OSF etc. to have been able to manufacture by the sex from Takao and the high yield.

[0037] Next, it investigated about the oxide-film proof-pressure property of these crystals. Consequently, it resulted in showing a good proof-pressure property, so that the oxygen density fell. This is considered to be dependent on the size of the oxygen sludge which can serve as an OSF nucleus. That is, the size of an oxygen sludge becomes small with the fall of an oxygen density, and it is thought that it was hard that it comes to influence an oxide-film proof-pressure property. And when the oxygen density was set to 5 or less ppmas, as for the proof-pressure property (TZDB), the rate of an excellent article became about 100%. However, with the wafer of the oxygen density of 5 or less ppmas, there is also no sludge, and since it is hypoxia, gettering capacity is almost lost. Therefore, an oxygen density when [with a sufficient degree] gettering capacity (IG capacity) is also required serves as selection to 5 - 8ppma.

[0038] Generating of an OSF field changes with nitrogen concentration in the actual approach of pulling up. For example, nitrogen concentration is $1 \times 10^{14} / \text{cm}^3$. If F/G value is pulled up, it is all locations in the field of a crystal, a crystal is raised within the limits of $0.14\text{--}0.22 \text{ mm}^2 / \text{K-min}$ and an oxygen density is adjusted to 8 or less ppmas when it is above, the whole surface will serve as a field (potential OSF field: field which OSF will generate if an oxygen density exceeds 8ppma(s)) which has an OSF nucleus potentially.

[0039] Here, the control approach of an oxygen density is controllable with crucible rotational speed, magnetic field impression, control of a gas stream, etc. as used commonly conventionally. Moreover, if nitrogen concentration becomes high, this potential OSF field will also be expanded further, for example, it is $5 \times 10^{14} / \text{cm}^3$ about nitrogen. What is necessary is to pull up F/G value, to be all locations in the field of a crystal and just to raise a crystal within the limits of $0.12\text{--}0.24 \text{ mm}^2 / \text{K-min}$, when it dopes above.

[0040] According to such an approach, training of a single crystal becomes possible by high-speed growth and the large margin. Subsequently, if this is processed into a wafer through processes, such as a slice, beveling, grinding, etching, and mirror plane finishing polish, according to the usual approach, a void, OSF, and rearrangement cluster can also manufacture the defect-free silicon single crystal wafer with which the dislocation loop on OSF does not exist further, either.

[0041] In order to raise the function of a wafer further here, EG processing of PBS, BSD, etc. may be performed to the main front face of the opposite side of a principal plane where production of a device is planned. Since it is the crystal with which various defects become completely free especially in the case of the hypoxia of 5 or

less ppmas, the defect and the electrical property are very good, but since the defect of bulk does not exist, either, gettering capacity is missing. Therefore, when gettering capacity is needed by the device production line, EG processing of PBS, BSD, etc. may be performed and gettering capacity may be added.

[0042] Moreover, although OSF does not make it generate when an oxygen density is 8 - 5ppma, the minute sludge remains. Therefore, although there is gettering capacity rather than the above-mentioned wafer, if a minute sludge comes out to a front face, a proof-pressure property may be degraded a little. Then, only a front face can be simply extinguished by annealing under the ambient atmosphere of an argon, hydrogen, nitrogen, etc. in a RTA process by performing a certain heat treatment in this case that what is necessary is just to dissolve that minute oxygen sludge. In this case, since this sludge is very small, it is possible to make it disappear enough also in the elevated-temperature short-time process of RTA equipment.

[0043] Here, a RTA process is a process which performs heat treatment using RTA equipment (Rapid Thermal Annealer, rapid heating and quick cooling equipment), this equipment is an automatic continuation thermal treatment equipment of single wafer processing, and effective heat treatment of a short time for several seconds - hundreds of seconds can be performed, without giving the prolonged heat history with much evil to a wafer, since heating before and behind heat treatment and cooling are performed in several seconds - hundreds of seconds.

[0044] Furthermore, gettering capacity may be made to increase according to the RTA process under nitrogen-gas-atmosphere mind already known well to add gettering capacity more powerfully to every wafer.

[0045] In addition, if a defect-free silicon single crystal wafer is substantially used as a SOI layer, the defect who arises in order that [being such] a void mold defect may penetrate a SOI layer will not occur. That is, in case a device production side substrate is thin-film-ized and a SOI layer is produced after sticking two silicon wafers through an oxide film, for example, a defect does not exist the device production side substrate which serves as a SOI layer at least among the silicon wafers to stick in the silicon wafer of this invention, then the SOI layer after thin-film-izing, either, but it has a very good property. Moreover, since it is CZ wafer, diameter [of macrostomia]-izing is possible, and since it is obtained moreover comparatively cheaply, reduction of the manufacturing cost of the SOI wafer of high quality can be aimed at.

[0046]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail, referring to a drawing. First, drawing 1 R> 1 explains the example of a configuration of the crystal pulling equipment by the CZ process used by this invention. As shown in drawing 1, this crystal pulling equipment 30 The pull-up room 31, the crucible 32 prepared all over the pull-up room 31, and the heater 34 arranged around a crucible 32, It has the reel style (not shown) which rotates or rolls round the crucible maintenance shaft 33 made to rotate a crucible 32 and its rolling mechanism (not shown), the seed chuck 6 holding the seed crystal 5 of silicon, the wire 7 that pulls up a seed chuck 6, and a wire 7, and is constituted. A quartz crucible is prepared in the side in which a crucible 32 holds the silicon melt (molten bath) 2 of the inside, and the graphite crucible is prepared in the outside. Moreover, the heat insulator 35 is arranged around [outside] the heater 34.

[0047] Moreover, in order to set up the manufacture conditions in connection with the manufacture approach of this invention, the annular solid-liquid interface heat insulator 8 is formed in the periphery of the solid-liquid interface 4 of a crystal 1, and the up surrounding heat insulator 9 is arranged on it. This solid-liquid interface heat insulator 8 forms the 3-5cm clearance 10 between that lower limit and surface of hot water 3 of silicon melt 2, and is installed in it. The up surrounding heat insulator 9 may not be used depending on conditions.

Furthermore, coolant gas may be sprayed or the tubed cooling system which is not illustrated [which interrupts radiant heat and cools a single crystal] may be formed. Independently, by installing the magnet which is not illustrated in the horizontal outside of the pull-up room 31, and impressing magnetic fields, such as a horizontal direction or a perpendicular direction, to silicon melt 2, the convection current of melt is controlled and, recently, the so-called MCZ method for measuring the stable growth of a single crystal is used in many cases.

[0048] Next, the nitrogen dope single-crystal-growth approach by above crystal pulling equipment 30 is explained. First, within a crucible 32, the high grade polycrystal raw material of silicon is heated more than the melting point (about 1420-degreeC), and is dissolved. In order to dope nitrogen at this time, the silicon wafer with a nitride is thrown in. Next, the tip of seed crystal 5 is made contacted or immersed in the surface abbreviation core of melt 2 by beginning to roll a wire 7. Then, while rotating the crucible maintenance shaft 33 in the proper direction, single crystal growth is started by rolling round rotating a wire 7 and pulling up seed

crystal 5. Henceforth, the single crystal rod 1 which doped the nitrogen of an approximate circle column configuration can be obtained by adjusting a pull-up rate and temperature appropriately.

[0049] In this case, while adjusting spacing of the clearance 10 between the lower limit of said solid-liquid interface heat insulator 8, and the surface of hot water 3 of silicon melt 2 as shown in drawing 1 in order to control the temperature gradient in a crystal by this invention. The temperature of the crystal near the surface of hot water forms the annular solid-liquid interface heat insulator 8 in the temperature region from 1420 degrees C to 1400 degrees C, and he is trying to arrange the up surrounding heat insulator 9 on it in the periphery space of the liquefied part in the single crystal rod 1 on the surface of hot water of the pull-up room 31. Furthermore, the equipment which cools a crystal shall be formed in the upper part of this heat insulator if needed, coolant gas shall be sprayed on this from the upper part, a crystal shall be cooled, a radiant heat reflecting plate is attached in the cylinder lower part, and you may make it control.

[0050] The oxygen density under crystal can be set to 8 or less ppmas by controlling a crucible rotational frequency, a crystal rotational frequency, an introductory quantity of gas flow, the ambient pressure force, and the reinforcement and the direction of an impression magnetic field during a pull-up. For example, oxygen can be made to reduction-size below to a desired value by it being low in a crucible rotational frequency, and, being low in a pressure, and strengthening a magnetic field. [quantity of gas flow]

[0051] Next, the obtained nitrogen content silicon single crystal rod is processible into the wafer of this invention a slice, beveling, grinding, etching, and by carrying out mirror plane finishing polish. Of course, as long as the wafer processing approach is an approach which is not limited to this and is usually used, it may be which approach.

[0052] Then, it dissolves and you may make it extinguish the minute oxygen sludge which added heat treatment to the obtained wafer and remained on the wafer front face. In this invention, it decided to use rapid heating and the equipment which can cool quickly for this heat treatment. Equipment like the lamp heater by thermal radiation as this RTA equipment can be mentioned. Moreover, for example, the product made from AST and equipment like SHS-2800 can be mentioned as what is marketed in addition to this, and these are not extraordinarily complicated and expensive.

[0053] Here, an example of the rapid heating and quick cooling equipment of the silicon single crystal wafer used by this invention (RTA equipment) is shown. Drawing 2 is the schematic diagram of RTA equipment. The thermal treatment equipment 20 of drawing 2 has the chamber 21 which consists of a quartz, and heat-treats a wafer within this chamber 21. The heat lamp 22 arranged so that a chamber 21 may be surrounded from four directions performs heating. This lamp can control now the power supplied independently, respectively.

[0054] Non-illustrated the source of hydrogen gas supply, an argon source of supply, and the source of nitrogen gas supply are connected, and the supply side of gas mixes these with the mixing ratio of arbitration, and it enables it to supply it in a chamber 21. The auto shutter 23 was equipped and the exhaust side of gas has blocked the open air. Wafer insertion opening which is not illustrated [which the auto shutter 23 consists of possible / closing motion / with a gate valve] is prepared. Moreover, flueing opening is prepared in the auto shutter 23, and a furnace atmosphere pressure can be adjusted now.

[0055] And a wafer 28 is arranged on the three-point supporter 25 formed in the quartz tray 24. The buffer 26 made from a quartz is formed in the gas inlet side of a tray 24, and introductory gas can prevent that of direct this slack to a wafer 28. Moreover, the non-illustrated special aperture for thermometries is prepared in the chamber 21, and the temperature of a wafer 28 can be measured through the special aperture by the pyrometer 27 installed in the exterior of a chamber 21.

[0056] Rapid heating and processing which cools quickly are performed as follows in a wafer by the above thermal treatment equipments 20. First, after putting in a wafer 28 in a chamber 21 from insertion opening and arranging on a tray 24 with the non-illustrated wafer handling device which adjoins a thermal treatment equipment 20 and is arranged, the auto shutter 23 is shut. The inside of a chamber 21 is filled with the reducing atmosphere containing predetermined hydrogen.

[0057] And power is supplied to a heat lamp 22 and the temperature up of the wafer 28 is carried out to the melting point of 1100 - silicon, especially the predetermined temperature of 1300 degrees C or less. Under the present circumstances, the time amount taken to become the target temperature is about 20 seconds. Next, by carrying out predetermined time maintenance in the temperature, elevated-temperature heat treatment can be added to a wafer 28.

[0058] If predetermined time progress is carried out and elevated-temperature heat treatment is completed, the output of a lamp 22 will be lowered and the temperature of a wafer 28 will be lowered. Although the heat treatment approach of this invention is the approach of making the temperature fall rate from the maximum temperature in heat treatment to 700 degrees C below 20 degrees C / sec. What is necessary is just to adjust the output of a lamp 22 for having spent 20 - 40-second room [about] time amount conventionally, and having lowered the temperature by 30-60 degrees C in temperature fall rate, and sec suitably, and to lower a temperature fall rate to below 20 degrees C / sec, measuring the temperature of a wafer 28 by the pyrometer 27, in case this approach is enforced. Therefore, the approach of this invention can be enforced, without hardly adding reconstruction to the RTA equipment currently used from the former. Finally, if the temperature fall of a wafer is completed, heat treatment will be completed by taking out a wafer with a wafer handling device.

[0059] What is necessary is to turn OFF the output of a lamp 22, for example, and just to make it quench a wafer 28, when the temperature of the wafer 28 measured by the pyrometer 27 becomes less than 700 degrees C to shorten temperature fall time amount. Or also by taking out a wafer 28 and making it move to the space of a room temperature with a wafer handling device, it can temperature fall speed up [of less than 700 degrees C], and temperature fall time amount can be shortened.

[0060]

[Example] Although an example is given and the gestalt of concrete operation of this invention is explained hereafter, this invention is not limited to these.

(Example 1) With the pull-up equipment 30 shown in drawing 1, raw material polycrystalline silicon was charged to the 18 inch quartz crucible, and the silicon single crystal rod of the diameter of 6 inches, bearing <100>, and conductivity-type P type was pulled up. The 3000 gauss level magnetic field was impressed to silicon melt, and the convection current was controlled. The pull-up rate was changed in the range of 0.49 - 0.77 mm/min, and the crystal was raised.

[0061] Moreover, it considered as 4cm space from the surface of hot water up to the lower limit of an annular solid-liquid interface heat insulator, and on it, the annular solid-liquid interface heat insulator of 10cm height has been arranged, the crucible maintenance shaft was adjusted, the height from the surface of hot water to pull-up room head lining was set as 30cm, and the up surrounding heat insulator was arranged. The nitrogen dope was performed by having adjusted the input of a wafer with a nitride, and the oxygen density was controlled to be set to 4ppma (JEIDA). And F/G value in the crystal center section were pulled up within the limits of 0.14-0.22mm² / K-min.

[0062] The nitrogen concentration of the single crystal rod obtained here is count top 2x10¹⁴/cm³. The wafer was cut down from the becoming part, mirror plane processing was performed, the mirror plane wafer of a silicon single crystal was produced, and measurement of a void mold defect (FPD, LSPD, COP) or a rearrangement cluster was performed. Moreover, thermal oxidation processing was performed and the existence of OSF ring generating was checked. Consequently, neither the above-mentioned glow in defect nor OSF was observed at the crystal overall length.

[0063] Next, it evaluated about the oxide-film proof-pressure property of this wafer. First, it asked for the C mode yield of TZDB. A phosphorus dope polysilicon contest electrode (25nm of oxide-film thickness and electrode surface product 8mm²) is produced on the surface of a wafer, and it is judgment current value 1 mA/cm². The rate of an excellent article of 8 or more MV/cm of evaluated dielectric-breakdown electric fields estimated. Moreover, it measured also about gamma mode yield of TDDB. This is stress current 0.01 nA/cm² to the above-mentioned phosphorus dope polysilicon contest electrode. It is sink and amount of charges 25 C/cm² continuously. The rate of an excellent article estimated by using as an excellent article what dielectric breakdown generates above.

[0064] As a result of measurement, TZDB is 100% and TDDB showed an average of 94% and the high rate of an excellent article. Therefore, the silicon wafer of this invention is excellent in the oxide film proof-pressure property, and when this wafer is used for device production, it can expect improvement in a device property, and improvement in the yield.

[0065] (Example 1 of a comparison) A nitrogen dope was not performed as an example of a comparison, but except having pulled up the pull-up rate as 0.42 - 0.84 mm/min, the silicon single crystal rod was raised on the completely same conditions as an example 1, and the silicon wafer was produced. And measurement of a glow in defect and the existence of OSF were measured like the example. Consequently, the glow in defect and the

OSF ring were observed depending on the part of the single crystal rod with which the wafer was cut down. When this does not dope nitrogen, N-field without OSF is the very narrow range, and it being stabilized and manufacturing a whole surface N-field wafer means the difficult thing.

[0066] (Example 2) The wafer with the nitrogen film fed into a raw material was made to increase, the oxygen density was controlled to 7ppma(s) (JEIDA), and the silicon single crystal rod with which nitrogen was doped was pulled up like the example 1 except having pulled up F/G value in the crystal center section within the limits of 0.12-0.24mm² / K-min. Next, the nitrogen concentration of the obtained single crystal rod is count top 6×10^{14} /cm³. The wafer was cut down from the becoming part and heat treatment of 800 degree-Cx4-hour +1000-degree-Cx 16 hours was performed to this wafer. And the internal defect density of the wafer after heat treatment was measured. Measurement of internal defect density was measured using OPP (Optical Precipitate Profiler, Bio-Rad make).

[0067] A measurement result is 5×10^8 to 1×10^9 . KE / cm³ It became, and though it was super-low oxygen, it turned out that internal defect density is not so low. This shows the height of the gettering effectiveness of this wafer.

[0068] (Example 2 of a comparison) A nitrogen dope was not performed as an example of a comparison, but the silicon single crystal rod was pulled up by setting an oxygen density to 7ppma(s) (JEIDA) like the example 2. The wafer was cut down from the obtained single crystal rod like the example 2, and heat treatment of 800 degree-Cx4-hour +1000-degree-Cx 16 hours was performed to this wafer. And the internal defect density of the wafer after heat treatment was measured using OPP like the example 2. A measurement result is 1×10^6 to 1×10^7 . KE / cm³ It stopped at the low numeric value. This is considered to be because for precipitation of oxygen not to be promoted when nitrogen is not doped.

[0069] In addition, this invention is not limited to the above-mentioned operation gestalt. The above-mentioned operation gestalt is instantiation, and no matter it may be what thing which has the same configuration substantially with the technical thought indicated by the claim of this invention, and does the same operation effectiveness so, it is included by the technical range of this invention.

[0070] For example, in the above-mentioned operation gestalt, this invention is not limited to this, but if it controls doping nitrogen so that the whole crystal surface serves as N-field, it is applicable [when a silicon single crystal with a diameter of 6 inches was raised, the example was given and explained per, but] also to the diameter of 8-16 inches, or the silicon single crystal beyond it.

[0071] Moreover, it cannot be overemphasized that the so-called MCZ method for impressing a magnetic field to melt is also included in it in case the silicon single crystal rod which doped nitrogen by the CZ process is raised to the CZ process of this invention.

[0072]

[Effect of the Invention] As explained above, N field expanded irrespective of the existence of the OSF field in N field by making into the super-low oxygen of 5 or less ppmas the oxygen density contained during the pull-up crystal of nitrogen dope Czochralski crystal according to this invention can be effectively used now, and compared with a conventional method, it become possible extremely by the sex from Takao, the high yield, and low cost to manufacture the defect-free silicon single crystal wafer which a void mold defect, OSF, or rearrangement cluster do not have, either. In this case, what is necessary is just to add approaches, such as PBS, if IG capacity is added and it excels.

[0073] Moreover, by setting an oxygen density to 5 - 8ppma, when using the OSF field expanded by the nitrogen dope, OSF was not generated but the defect-free wafer was developed from the crystal without generating of the dislocation loop of an OSF nucleus reason. And since a minute oxygen sludge exists, it has IG capacity. In this case, since a proof-pressure property may deteriorate a little with a minute oxygen sludge, if it applies to heat treatment with RTA equipment etc., a proof-pressure property can be raised. Furthermore, if a defect-free wafer is substantially used as a SOI layer, the defect who arises in order that [being such] a void mold defect may penetrate a SOI layer does not occur, and since it is CZ wafer, diameter[of macrostomia]-izing is possible, and since it is obtained moreover comparatively cheaply, manufacture cost reduction of the SOI wafer of high quality can be planned.

[Translation done.]

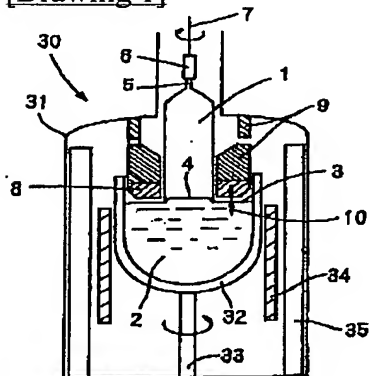
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

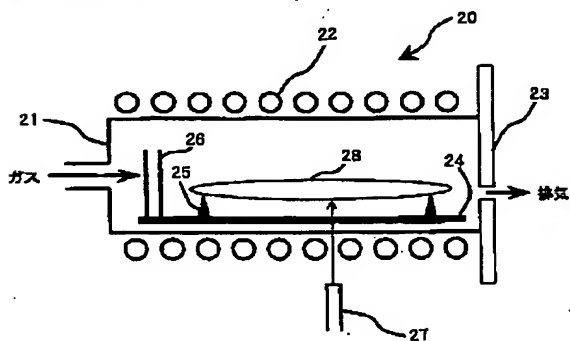
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]



[Drawing 2]



[Translation done.]